

流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/redとの 連成が可能な音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise

2012年11月22日(木)開催

第1事業部

松原 聖



流体解析ソフトウェア Advance/FrontFlow/red最新動向セミナー

当社における連成解析の実績



- 当社では、流体解析、構造解析、音響解析のソフトウェアのソースコードをハンドリングできる技術を有しており、お客様の具体的な問題に対して連成解析の実績を積んできました。
 - 流体→構造; 流れによるプラント構造物の振動解析
 - 流体→音響; 流れにより発生した音源の音響解析
 - 構造→流体; 振動源の流体挙動への影響評価
 - 音響→構造; 音源の構造物強度への影響評価
 - 構造→音響; 構造物の振動に起因する音響解析
- ここでは、流体解析ソフトウェアの結果を音響解析ソフトウェアの音源として利用する「流体音響連成解析」について説明します。

音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoise



項目	内容
基礎方程式	(1) 音響ポテンシャルに関する波の方程式を周波数空間に変換した方程式 (2) 空間的に分布する場の流れおよび空間的に分布する音響伝播媒体を考慮可能
解析領域	内部領域、および、外部領域(外部領域での外部境界は ρc 境界で与える)
物性値等	速度 場の速度を指定可能(デフォルト;速度0) 温度 場の温度(音の伝播媒体)を要素毎に指定することが可能(デフォルトは均一媒体)
境界条件	面での音源 面(壁境界)に対して、周波数毎に音圧または粒子速度を設定可能
	点音源 節点に対して、単極子、双極子、または、四重極子のパラメータを設定可能
	音響インピーダンス 面(壁境界)に対して、周波数毎に音響インピーダンスを設定可能
外部境界	面(外部境界)に対して、 ρc 境界を設定可能(音響インピーダンスを与える機能)
数値解法	離散化手法 有限要素法
	利用可能な要素 四面体一次要素
	並列計算 自動領域分割によりMPIで並列化
	行列解法 GMRES系列の反復法
大規模計算実績	4億要素・8000万節点(四面体一次要素)
解析結果	周波数毎の音響ポテンシャル、音圧、音圧レベルを、バイナリ形式でファイル出力
プリポスト	Advance/FrontNoiseに対応したプリポストの正式リリース版はありません。お持ちのプリポストとの接続については、ご相談ください。

音響解析の基礎方程式



基礎方程式

$$\nabla^2 \Psi(x, t) = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi(x, t)}{\partial t^2}$$

$$V(x, t) = \text{grad}(\Psi(x, t))$$

$$P(x, t) = -\rho \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t}$$

周波数領域での基礎方程式

$$\nabla^2 \varphi(x) + k^2 \varphi(x) = 0 \quad \text{in } \Omega$$

$$k = \frac{2\pi\nu}{c}$$

境界条件

$$\alpha(x)\varphi(x) + \beta(x)\frac{\partial \varphi(x)}{\partial n} = f(x) \quad \text{on } \partial\Omega$$

Advance/FrontNoiseでの音源の取り扱い

音源	単独の音源	分布する音源
点音源	基礎方程式の右辺のソース項として与える。	同左
	音源条件として*.bcnファイル、*.bcqファイルとして与える。 【Ver.4.0以降】	同左
二重極音源	1点を指定することで、二重極音源の計算条件を設定する。	壁の境界条件として、取り扱う。圧力または粒子速度の境界条件として入力する。
	入力ファイルを変換するツールpsgenを提供する。 【Ver.4.0以降】	境界条件として*.bcsファイル、*.bcvファイルを与える。 【Ver.1.0以降】
四重極音源	1点を指定することで、四重極音源を計算条件を設定する。	空間に分布する音源として取り扱う。Lighthillテンソルの2階微分の音源を点音源として設定する。
	入力ファイルを変換するツールpsgenを提供する。 【Ver.4.0以降】	流速からLighthillテンソルの2階微分に変換し、*.bcnファイルと*.bcqファイルを作成するツールを提供。 【Ver.4.2以降】

流体解析結果の音響解析への利用(四重極)

- 流体解析ソフトウェアAdvance/FrontFlow/redの時系列ファイルを音源となる可能性のある場所では出力する。
- 速度からLighthillの乱流応力テンソルを求める。 $T_{ij} = \rho v_i v_j$
- 乱流応力テンソルの2階微分を求める。 $\frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$
- 流体メッシュから音響メッシュに物理量をマッピングする。
- 係数を乗じて、基礎方程式の右辺に加える。

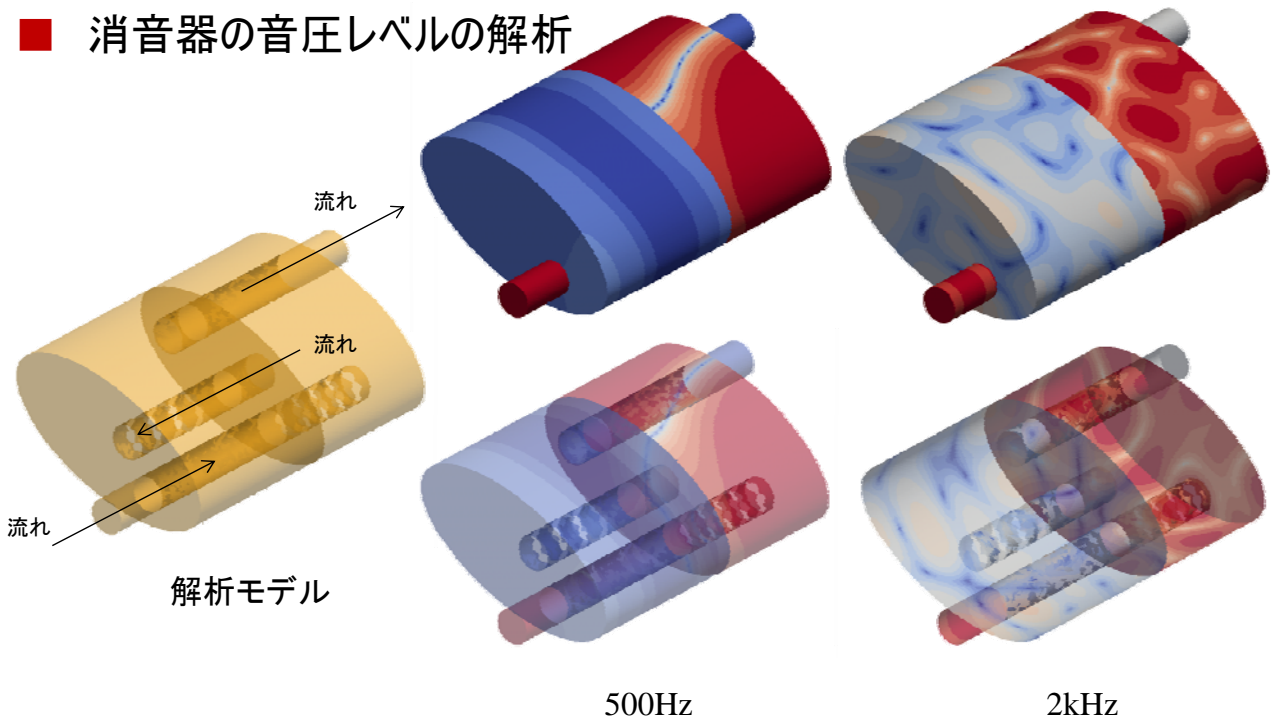
$$\nabla^2 \varphi + k^2 \varphi = -i \frac{1}{\rho c k} \frac{\partial^2 T_{ij}}{\partial x_i \partial x_j}$$

- 音響解析を実施する。

流体解析結果を音源とした音響解析例



■ 消音器の音圧レベルの解析



まとめ



- ハードウェアの性能向上により、流体解析を利用した音源の解析が実用的になるにすぎない、そのポスト処理としての音響解析のニーズが増えてきた。
- 当社の音響解析ソフトウェアAdvance/FrontNoiseでは
 - 従来から取り組んできた音響の大規模解析の適用により、流体音響連成が可能となった。
 - 流体音響連成の実績を重ね、その解析手順を音響解析ソフトウェアのツールとして整備した。
- 今後とも、多様な解析ソフトウェアのソースコードをハンドリングできる当社の利点を生かして、ユーザー様からのニーズに応えた連成解析を実施していく予定である。